

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

P/1071-1254

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

5/ Priority
Doc.
E. Ullio
8-22-01

11033 U.S. PTO
09/815879
03/22/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月22日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-080556

出 願 人

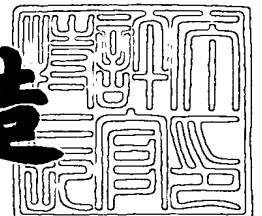
Applicant (s):

株式会社村田製作所

2000年 9月22日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3077907

【書類名】 特許願

【整理番号】 JP-2002814

【提出日】 平成12年 3月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01F 17/00
G01R 31/28

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田
 製作所内

 【氏名】 堂下 和幸

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田
 製作所内

 【氏名】 河合 伸彦

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田
 製作所内

 【氏名】 岡田 勉

【特許出願人】

 【識別番号】 000006231

 【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

 【識別番号】 100079577

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岡田 全啓

 【電話番号】 06-6252-6888

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 012634

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004879

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 デジタル回路のノイズ解析方法およびノイズ解析装置および記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 デジタル IC、受動回路および伝送線路で構成されたデジタル回路のノイズ解析方法であって、

前記デジタル IC を受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、前記受動回路の回路定数および前記伝送線路の回路定数から前記デジタル回路の伝達関数を得るステップ、

前記デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開するステップ、

前記デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された前記入力信号とから前記デジタル回路の周波数軸における出力波形を計算するステップ、および

前記周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力波形に変換するステップを含む、デジタル回路のノイズ解析方法。

【請求項 2】 デジタル IC、受動回路および伝送線路で構成されたデジタル回路のノイズ解析装置であって、

前記デジタル IC を受動素子で構成された等価回路に変換した回路定数を入力するための第 1 の入力手段、

前記受動回路の回路定数を入力するための第 2 の入力手段、

前記伝送線路の回路定数を入力するための第 3 の入力手段、

前記デジタル IC を受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、前記受動回路の回路定数および前記伝送線路の回路定数から前記デジタル回路の伝達関数を得る第 1 の演算手段、

前記デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開する第 2 の演算手段、

前記デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された前記入力信号とから前記デジタル回路の周波数軸における出力波形を計算する第 3 の演算手段、および

前記周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力

波形に変換する第 4 の演算手段を含む、デジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項 3】 複数の前記デジタル IC の等価回路に関する回路定数が記憶される記憶手段を含み、前記デジタル IC を選択することにより前記第 1 の演算手段で用いられる前記デジタル IC の回路定数が前記記憶手段から読み出されて入力される、請求項 2 に記載のデジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項 4】 配線基板に形成されたパターンの線路幅、線路長、基板厚みおよび基板材料から前記伝送線路の回路定数を計算するための計算手段を含み、得られた回路定数が前記第 1 の演算手段で用いられる前記伝送線路の回路定数として入力される、請求項 2 または請求項 3 に記載のデジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項 5】 複数の前記受動回路の回路定数を記憶するための記憶手段を含み、前記受動回路を選択することにより前記第 1 の演算手段で用いられる前記受動回路の回路定数が前記記憶手段から読み出されて入力される、請求項 2 ないし請求項 4 のいずれかに記載のデジタル回路の解析装置。

【請求項 6】 前記受動回路を選択するときに、前記受動回路の特性を表示するディスプレイを含む、請求項 5 に記載のデジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項 7】 前記第 3 の演算手段によって得られた周波数軸における出力波形と前記第 4 の演算手段によって得られた時間軸における出力波形とが前記ディスプレイに表示される、請求項 2 ないし請求項 6 のいずれかに記載のデジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項 8】 さらに、インピーダンス周波数特性が前記ディスプレイに表示される、請求項 7 に記載のデジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項 9】 異なる前記伝達関数により演算を行った結果が前記ディスプレイに同時に表示される、請求項 7 または請求項 8 に記載のデジタル回路の解析装置。

【請求項 10】 前記デジタル回路の伝達関数に関する入力情報と解析結果とを同時に印刷するための印刷手段を含む、請求項 2 ないし請求項 9 のいずれかに記載のデジタル回路の解析装置。

【請求項 11】 デジタル IC、受動回路および伝送線路で構成されたデジ

タル回路のノイズ解析方法であって、

前記デジタル I C を受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、前記受動回路の回路定数および前記伝送線路の回路定数から前記デジタル回路の伝達関数を得るステップ、

前記デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開するステップ、

前記デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された前記入力信号とから前記デジタル回路の周波数軸における出力波形を計算するステップ、および

前記周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力波形に変換するステップを含むプログラムを記録した、記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明はデジタル回路のノイズ解析方法およびノイズ解析装置および記録媒体に関し、特にたとえば、デジタル I C を用いた回路に発生するノイズを解析してノイズ除去に役立てるために用いられる、デジタル回路のノイズ解析方法およびノイズ解析装置および記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

デジタル I C を用いたデジタル回路において発生するノイズが、他の電子機器に影響を与えることがあり、このようなノイズを除去するためにフィルタなどが用いられている。ところで、これらの機器においては、使用されるデジタル I C が異なったり、用いられる回路基板が異なったりすると、そこにどのようなフィルタを適用すればよいかを選択決定することが困難となっていた。そこで、このようなデジタル回路のノイズを解析し、用いられるノイズフィルタの選択を容易にする方法として、入力信号を時間軸で分割して、分割した時間ステップごとの信号についてデジタル回路の出力信号を計算する方法が案出されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来のような時間ステップごとに計算する方法では、正確に解析を行うことができるが、定常状態に到達するまでに多くの時間ステップで計算する必要がある、かつデジタル I C に関する複雑で高度な計算が必要である。そのため、このような方法で解析を行うためには、高機能のコンピュータと高価なソフトウェアが必要であり、計算コストが高くなるという欠点がある。また、低機能のパーソナルコンピュータなどを用いた場合、計算に時間がかかるという欠点がある。

【 0 0 0 4 】

それゆえに、この発明の主たる目的は、低機能のパーソナルコンピュータを用いて、安価なソフトウェアにより、短時間で計算することができる、デジタル回路のノイズ解析方法を提供することである。

また、この発明の目的は、このようなソフトウェアを搭載して、手軽にノイズ解析を行うことができる、デジタル回路のノイズ解析装置を提供することである。

さらに、この発明の目的は、このようなソフトウェアを記録した記録媒体を提供することである。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

この発明は、デジタル I C、受動回路および伝送線路で構成されたデジタル回路のノイズ解析方法であって、デジタル I C を受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、受動回路の回路定数および伝送線路の回路定数からデジタル回路の伝達関数を得るステップと、デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開するステップと、デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された入力信号とからデジタル回路の周波数軸における出力波形を計算するステップと、周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力波形に変換するステップとを含む、デジタル回路のノイズ解析方法である。

また、この発明は、デジタル I C、受動回路および伝送線路で構成されたデジタル回路のノイズ解析装置であって、デジタル I C を受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数を入力するための第 1 の入力手段と、受動回路の

回路定数を入力するための第2の入力手段と、伝送線路の回路定数を入力するための第3の入力手段と、デジタルICを受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、受動回路の回路定数および伝送線路の回路定数からデジタル回路の伝達関数を得る第1の演算手段と、デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開する第2の演算手段と、デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された入力信号とからデジタル回路の周波数軸における出力波形を計算する第3の演算手段と、周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力波形に変換する第4の演算手段を含む、デジタル回路のノイズ解析装置である。

このようなデジタル回路のノイズ解析装置において、複数のデジタルICの等価回路に関する回路定数が記憶される記憶手段を含み、デジタルICを選択することにより第1の演算手段で用いられるデジタルICの回路定数が記憶手段から読み出されて入力されるようにすることができる。

また、配線基板に形成されたパターンの線路幅、線路長、基板厚みおよび基板材料から伝送線路の回路定数を計算するための計算手段を含み、得られた回路定数が第1の演算手段で用いられる伝送線路の回路定数として入力されるようにしてもよい。

さらに、複数の受動回路の回路定数を記憶するための記憶手段を含み、受動回路を選択することにより第1の演算手段で用いられる受動回路の回路定数が記憶手段から読み出されて入力されるようにしてもよい。

そして、受動回路を選択するときに、この受動回路の特性を表示するディスプレイを含むことが好ましい。

このようなデジタル回路のノイズ解析装置において、第3の演算手段によって得られた周波数軸における出力波形と第4の演算手段によって得られた時間軸における出力波形とがディスプレイに表示されることが好ましい。

さらに、インピーダンス周波数特性がディスプレイに表示されるようにしてもよい。

そして、異なる伝達関数により演算を行った結果が表示手段に同時に表示されるようにしてもよい。

また、デジタル回路の伝達関数に関する入力情報と解析結果とを同時に印刷するための印刷手段を含むものであってもよい。

さらに、この発明は、デジタル I C、受動回路および伝送線路で構成されたデジタル回路のノイズ解析方法であって、デジタル I C を受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、受動回路の回路定数および伝送線路の回路定数から前記デジタル回路の伝達関数を得るステップと、デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開するステップと、デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された入力信号とからデジタル回路の周波数軸における出力波形を計算するステップと、周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力波形に変換するステップを含むプログラムを記録した、記録媒体である。

【 0 0 0 6 】

入力信号をフーリエ展開することにより、入力信号を正弦波の級数和として表すことができる。また、非線形素子であるデジタル I C を受動素子で構成される等価回路に変換することにより、I C 内部の複雑な非線形計算をすることなく、単純な線形計算で回路解析を行うことができる。つまり、デジタル I C の等価回路の回路定数と他の受動素子および伝送線路の回路定数とから、デジタル回路の伝達関数を得ることができ、この伝達関数とフーリエ展開した入力信号とから、周波数軸における出力波形を得ることができる。したがって、周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換することにより、時間軸における出力波形を得ることができる。

このような方法でノイズ解析を行うプログラムを用いたノイズ解析装置において、各回路定数を入力することにより、デジタル回路の伝達関数が求められる。そのため、入力信号に対する出力信号を具体的に計算することができ、どのような部品を用いれば、どのような出力信号が得られるかを知ることができる。したがって、デジタル回路にフィルタを入れた場合について解析を行えば、その出力波形から適当なフィルタを選択することができる。

このような解析装置において、複数のデジタル I C に関する回路定数を記憶手段に記憶させておき、デジタル I C を選択することにより、自動的に回路定数が

入力されるようにしておけば、個別に回路定数を入力する必要がなくなる。

また、デジタル I C や受動回路を搭載する回路基板について、伝送線路の回路定数は線路幅、線路長、基板厚みおよび基板材料から求めることができるため、これらの情報から伝送線路の回路定数が入力されるようにしておけば、具体的にこれらの数値を入力することにより、回路定数を計算して入力する必要がなくなる。

さらに、複数の受動回路の回路定数を記憶させておき、受動回路を選択することにより、自動的に回路定数が入力されるようにしておけば、個別に受動回路の回路定数を入力する必要がなくなる。このような受動回路としてノイズ除去用のフィルタの回路定数を記憶しておくことにより、どのようなフィルタを用いれば、どのような出力信号が得られるかを知ることができる。

そして、受動回路を選択するとき、その受動回路の特性をディスプレイに表示させることにより、特性を確認しながら受動回路を選択することができる。

さらに、周波数軸における出力波形と時間軸における出力波形をディスプレイに表示することにより、解析結果を確認することができる。

また、異なる伝達関数で演算した結果を同時に表示することにより、出力波形を比較することが容易となる。

デジタル回路の伝達関数に関する入力情報と解析結果とを同時に印刷するための印刷手段を設けることにより、解析条件とその解析結果とを関連付けて確認することができる。

さらに、上述のようなステップを含むプログラムを記録した記録媒体からコンピュータにプログラムをインストールすることにより、そのコンピュータをデジタル回路の解析装置として使用することができる。

【 0 0 0 7 】

この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の発明の実施の形態の詳細な説明から一層明らかとなろう。

【 0 0 0 8 】

【発明の実施の形態】

図 1 は、この発明のノイズ解析装置のディスプレイに表示される初期画面を示

す図である。このノイズ解析装置は、パーソナルコンピュータにノイズ解析方法を動作させるプログラムをインストールしたものである。このプログラムを起動することにより、図 1 に示すような画面が表示される。画面の上部には、シミュレーション回路 1 0 を示す回路図が表示される。このノイズ解析装置は、デジタル IC を用いたデジタル回路のノイズを解析するものであり、回路図には、入力信号、送信側 IC、受動回路、伝送線路、受信側 IC および測定ポイントが表示されている。ここで、受動回路としては、ノイズ除去用のフィルタを示している。また、伝送線路は、デジタル IC を実装する配線基板を示している。

【 0 0 0 9 】

また、画面の左側上方には、入力信号設定部 1 2 が表示される。この入力信号設定部 1 2 においては、入力信号のクロック周波数、デューティ比、立上り時間および立下り時間などが設定される。これらの入力信号に関する情報は、キーボードなどの入力手段によって入力することができる。さらに、画面の左側下方には、送信側 IC 設定部 1 4 が表示される。この送信側 IC 設定部 1 4 においては、マウスなどの入力手段によって IC リストから選択する方法と、キーボードなどの入力手段によって LCR で回路の数値を入力して IC の出力条件を設定する方法とを選択することができる。

【 0 0 1 0 】

送信側 IC 設定部 1 4 の設定を行うために、各種のデジタル IC が受動素子で構成される LCR 回路に変換されている。つまり、予め、各種のデジタル IC から換算した LCR 回路のインダクタンス値、キャパシタンス値、抵抗値が求められて、メモリーやハードディスクなどの記憶手段に記憶されている。したがって、IC リストから使用するデジタル IC を選択することにより、自動的に LCR 回路のインダクタンス値、キャパシタンス値、抵抗値がメモリーから読み出されて入力される。なお、IC リストから選択する場合、IC 分類の欄において、CMOS 型または TTL 型の IC が選択される。そして、たとえば IC 分類において、CMOS 型の IC を選択した場合、その下の IC 品名の欄に、CMOS 型 IC の品名が表示され、その中の 1 つを選択することができる。TTL 型の IC を選択した場合にも、同様にして、TTL 型 IC のリストの中から 1 つを選択する

ことができる。

【 0 0 1 1 】

送信側 I C 設定部 1 4 において、L C R で I C の出力条件を入力することを選択した場合、図 2 に示すように、デジタル I C から変換した L C R 回路が表示され、インダクタンス値、キャパシタンス値、抵抗値を個別に入力することができる。

【 0 0 1 2 】

さらに、画面中央部には、受動回路であるフィルタを設定するためのフィルタ設定部 1 6 が表示される。フィルタ設定部 1 6 では、メモリーなどに記憶された複数のフィルタを示すリストから 1 つを選択することができる。この場合、図 3 に示すように、フィルタを選択するための画面 1 8 が表示される。ここでは、大分類、中分類、小分類、品名の欄があり、順次絞り込んでいくことにより、フィルタを選択することができる。大分類においては、たとえばチップフェライトビーズ型などのようなフィルタの種類を選択することができる。また、中分類においては、大分類で絞り込んだフィルタの中で、サイズが選択される。さらに、小分類においては、フィルタのインピーダンスが選択される。これらの選択がされると、右側に該当するフィルタのインピーダンス周波数特性が表示される。このとき、複数のフィルタが該当していれば、複数のインピーダンス周波数特性が表示される。これらの特性には、それぞれフィルタの品名が表示されているため、これらの特性を確認したうえで、フィルタの品名を選択することができる。

【 0 0 1 3 】

また、画面の中央部下方には、伝送線路設定部 2 0 が表示される。伝送線路設定部 2 0 では、デジタル I C を実装する配線基板の特性インピーダンスが設定される。このとき、基板上に形成されたパターンの線路長、線路幅、基板の厚みおよび基板材料から、特性インピーダンスを算出することができる。つまり、伝送線路の特性インピーダンス Z および伝搬定数 β は、それぞれ次の数式 1 および数式 2 で表される。ここで、 l は線路長である。

【 0 0 1 4 】

【数 1】

$$Z = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{ef}}} \ln \left[f \frac{h}{W_0} + \sqrt{1 + (2h/W_0)^2} \right]$$

【0015】

【数 2】

$$\beta = \omega \sqrt{\epsilon_{ef}} / c_0$$

【0016】

なお、上式の ϵ_{ef} 、 f 、 W_0 の各定数は、それぞれ次の数式 3、数式 4 および数式 5 で表される。ここで、図 4 に示すように、 h は基板の厚み、 W は電極の幅、 t は電極の厚み、 ϵ_r は基板の比誘電率、 c_0 は真空中の光速である。

【0017】

【数 3】

$$\epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} (1 + 10h/W)^{-1/2}$$

【0018】

【数 4】

$$f = 6 + 0.283 \exp \left[-(30.7h/W_0)^{0.753} \right]$$

【0019】

【数5】

$$W_0 = W + \frac{t}{\pi} \ln \frac{4e}{\sqrt{(t/h)^2 + \frac{1}{\pi^2 (W/t + 1.1)^2}}}$$

【0020】

このように、線路長、線路幅、基板の厚み、基板材料などから、伝送線路の特性インピーダンスを算出するプログラムを組み込んでおくことにより、簡単に特性インピーダンスの入力を行うことができる。なお、特性インピーダンスを入力するように選択することもでき、この場合、自分で算出した入力インピーダンスを入力すればよい。また、伝送線路を考慮しないことを選択することもでき、この場合、伝送線路の特性インピーダンスはないものとしてノイズの解析が行われる。

【0021】

さらに、画面の右側には、受信側IC設定部22が表示される。受信側IC設定部22は、送信側IC設定部14と同様に、IC分類およびIC品名をリストから選択することができる。また、LCRでICの入力条件を入力することを選択すれば、図2に示すように、受信側ICから変換されたLCR回路が表示され、それぞれのインダクタンス値、キャパシタンス値、抵抗値を個別に入力することができる。

【0022】

そして、図5に示すように、これらの設定を行ったのち、画面の「シミュレーション開始」をクリックすることにより、ノイズの解析が行われる。このとき、まず、デジタル回路の伝達関数が求められる。つまり、2端子の回路部品は、数式6で示すように、2行2列のアドミタンス行列 y で記述することができる。

【0023】

【数 6】

$$y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix}$$

【0024】

このようなアドミタンス行列が、全ての部品について加え合わされる。たとえば、ノード 2, 3 間に部品 A が接続され、ノード 3, 4 間に部品 B が接続されている場合、次に示す数式 7 で表される。

【0025】

【数 7】

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots \\ 0 & y_{11}^A & y_{12}^A & 0 & \cdots \\ 0 & y_{21}^A & y_{22}^A + y_{11}^B & y_{12}^B & \cdots \\ 0 & 0 & y_{21}^B & y_{22}^B & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

【0026】

シミュレーション回路 10 に示す全ての部品について、設定された各数値に基づいて、このような操作が行われ、伝達関数が求められる。ここで、抵抗、キャパシタ、インダクタ、伝送線路、カスタム部品のアドミタンス行列は、それぞれ数式 8、数式 9、数式 10、数式 11、数式 12 に示される。なお、数式 11 において、特性インピーダンス Z は数式 1 で示されるものであり、伝搬定数 β は数式 2 で示されるものである。また、数式 12 のカスタム部品とは、この場合デジタル IC のことを示す。

【0027】

【数 8】

$$y = \begin{bmatrix} 1/R & -1/R \\ -1/R & 1/R \end{bmatrix}$$

【0 0 2 8】

【数 9】

$$y = \begin{bmatrix} j\omega C & -j\omega C \\ -j\omega C & j\omega C \end{bmatrix}$$

【0 0 2 9】

【数 1 0】

$$y = \begin{bmatrix} 1/j\omega L & -1/j\omega L \\ -1/j\omega L & 1/j\omega L \end{bmatrix}$$

【0 0 3 0】

【数 1 1】

$$y = \frac{1}{jZ \sin \beta l} \begin{bmatrix} \cos \beta l & -1 \\ -1 & \cos \beta l \end{bmatrix}$$

【0 0 3 1】

【数 1 2】

$$y = \begin{bmatrix} 1/Z(\omega) & -1/Z(\omega) \\ -1/Z(\omega) & 1/Z(\omega) \end{bmatrix}$$

【 0 0 3 2 】

次に、入力信号がフーリエ展開される。つまり、時間軸で表されている入力信号を正弦波の級数和に分解し、周波数応答解析ができるようにしている。たとえば、時間 t における電源の入力電圧を $V_{in}(t)$ 、出力電圧を $V_{out}(t)$ とし、入力電圧が周期 T で変化しているものとする、次の数式 1 3 に示すように、任意の入力電圧は十分大きい N 個の正弦波の和で近似することができる。

【 0 0 3 3 】

【数 1 3】

$$V_{in}(t) \cong \sum_{n=0}^N c_n \exp(j\omega_n t), \quad \omega_n \equiv 2\pi n/T$$

【 0 0 3 4 】

数式 1 3 において、 c_n は角周波数 ω_n の成分の大きさであり、この成分に対する出力電圧 $F[c_n \exp(j\omega_n t)]$ は、先に求めたデジタル回路の伝達関数を用いて、通常の回路計算で容易に求めることができ、その振幅 F_n は、次の数式 1 4 で表される。

【 0 0 3 5 】

【数 1 4】

$$F[c_n \exp(j\omega_n t)] = F_n \exp(j\omega_n t)$$

【 0 0 3 6 】

このように、数式 1 4 によって、周波数軸における電圧スペクトラムを得ることができる。さらに、この F_n から、時間軸における出力電圧を求めるために逆フーリエ変換が行われる。その結果、次の数式 1 5 に示すように、時間軸における出力電圧 $V_{out}(t)$ が得られる。

【 0 0 3 7 】

【数 1 5】

$$V_{out}(t) = \sum_{n=0}^N F_n \exp(j\omega_n t)$$

【0 0 3 8】

このようにして得られた出力電圧について、図 6 に示すように、電圧スペクトラムと時間軸における電圧波形とが、解析結果としてディスプレイに表示される。なお、ここでは、フィルタを挿入する前後の出力波形が表示されている。このように、フィルタの挿入前後の出力波形を示すことにより、フィルタの効果を把握することができる。また、この解析結果においては、デジタル回路のインピーダンス周波数特性についても、合わせて表示されている。したがって、これらの解析結果から、所望の出力波形が得られるフィルタを選択することができる。

【0 0 3 9】

なお、各設定値を変えて、ノイズ解析を行った場合、図 7 に示すように、同一画面に複数の解析結果を表示できるようにしておけば、異なるフィルタを使用した場合の出力波形の違いを比較することができる。また、図 8 に示すように、これらの結果をプリンタなどの印刷手段を用いて印刷できるようにしておくことにより、後に解析結果を確認することができる。このとき、解析結果だけでなく、各設定値を印刷できるようにしておくことにより、設定した部品と解析結果とを関連付けて把握することができる。

【0 0 4 0】

このようなノイズ解析方法を用いれば、入力信号を多くの時間ステップに分割して解析する場合のように、何度も計算を繰り返す必要がなく、一括して計算可能であるため、短時間で計算を行うことができる。また、従来の方法に比べて、簡単なプログラムで動作させることができ、低機能のパーソナルコンピュータで解析可能である。

【0 0 4 1】

このようなプログラムは、たとえば CD-ROM などの記録媒体に記録してお

くことができる。したがって、この発明の方法を実行するプログラムを記録したCD-ROMからパーソナルコンピュータにインストールすることにより、そのパーソナルコンピュータをノイズ解析装置として使用することができる。また、このようなプログラムをホームページからダウンロードできるようにしてもよい。

【0042】

このプログラムをCD-ROMやホームページからのダウンロードなどによって配布することにより、フィルタの販売促進用として用いることができる。つまり、フィルタ設定部16において、自社製品のフィルタを選択できるようにしておけば、この発明のノイズ解析方法を用いたプログラムを配布することにより、プログラムの実行者は、データとして記録されたフィルタを用いてノイズ解析を行うことになる。そのため、自社製品のフィルタの挿入前後の出力波形をフィルタの購入予定者に知らせることができ、購入予定者としても、出力波形を確認した上で、フィルタを発注することができる。

【0043】

【発明の効果】

この発明によれば、デジタルICを受動素子で構成される等価回路に変換することによって、線形計算を行うことができ、さらに入力信号をフーリエ展開して周波数軸解析を行うことができるため、短時間でノイズ解析を行うことができる。また、時間軸解析を行う従来の方法に比べて、簡単なプログラムで動作させることができるため、低機能のパーソナルコンピュータなどでノイズ解析が可能である。

また、このようなノイズ解析方法を用いたノイズ解析装置では、短時間でノイズ解析が可能であり、特に、デジタルICを品名で入力したり、配線基板の線路や基板に関する数値を入力するだけで特性インピーダンスが計算されるようにすることにより、複雑な計算をすることなく、簡単にノイズ解析を行うことができる。

さらに、解析結果やその解析条件を表示したり、印刷できるようにすることにより、明確にノイズ解析の結果を把握することができる。

また、このようなノイズ解析方法を動作させるためのプログラムをCD-ROMなどの記録媒体に記録しておくことにより、プログラムを多数の人に配布可能となり、自社製品の販売促進などに役立てることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明のデジタル回路のノイズ解析装置を起動したときに表示される初期画面を示す図である。

【図 2】

送信側 IC および受信側 IC の回路定数を手動で入力する画面を示す図である。

【図 3】

フィルタの種類を設定する画面を示す図である。

【図 4】

配線基板とその上に形成された線路の関係を示す図解図である。

【図 5】

全ての設定を行った画面を示す図である。

【図 6】

解析結果をディスプレイに表示した画面を示す図である。

【図 7】

複数の条件で解析を行った結果をディスプレイに表示した画面を示す図である。

【図 8】

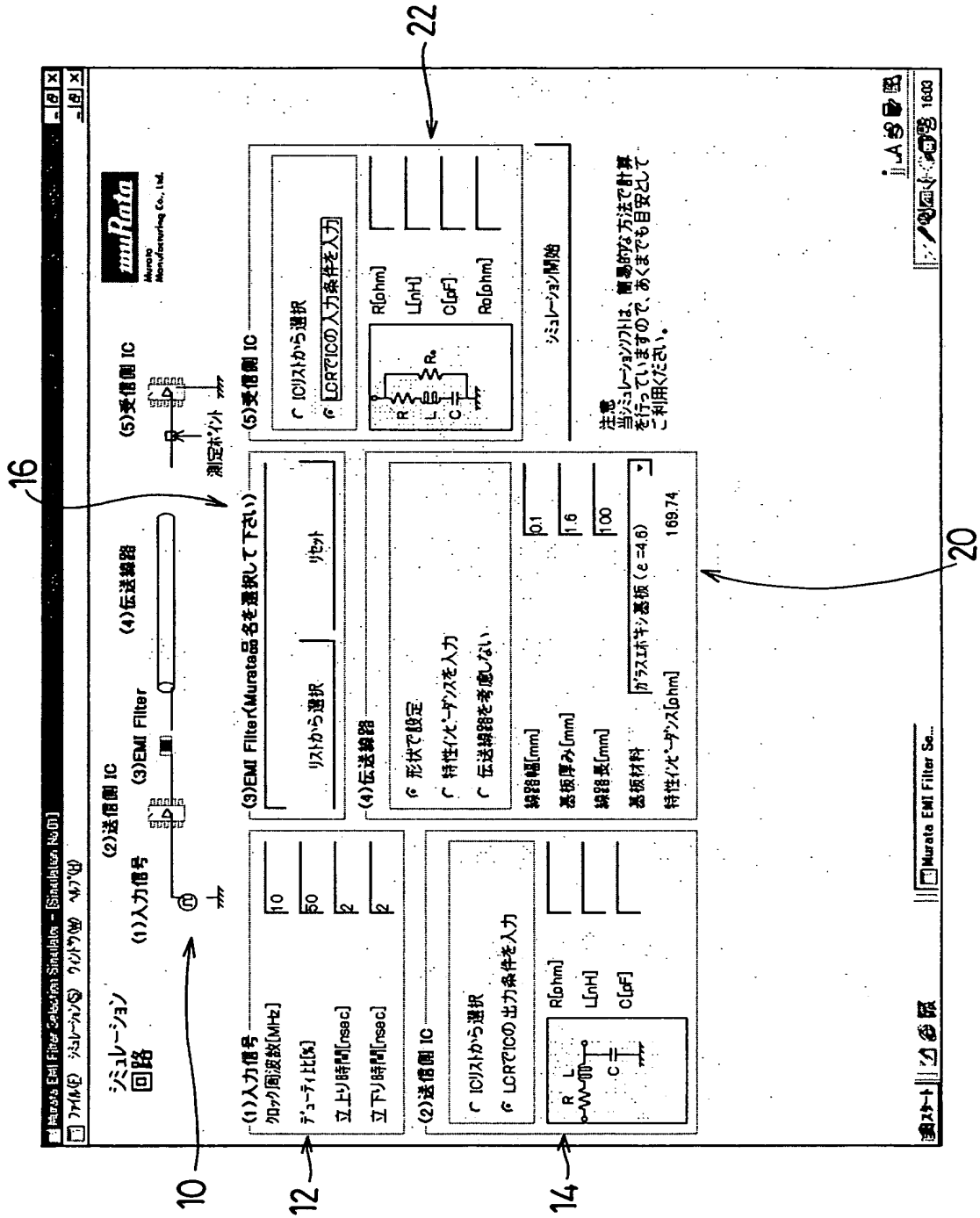
解析結果を印刷した状態を示す図である。

【符号の説明】

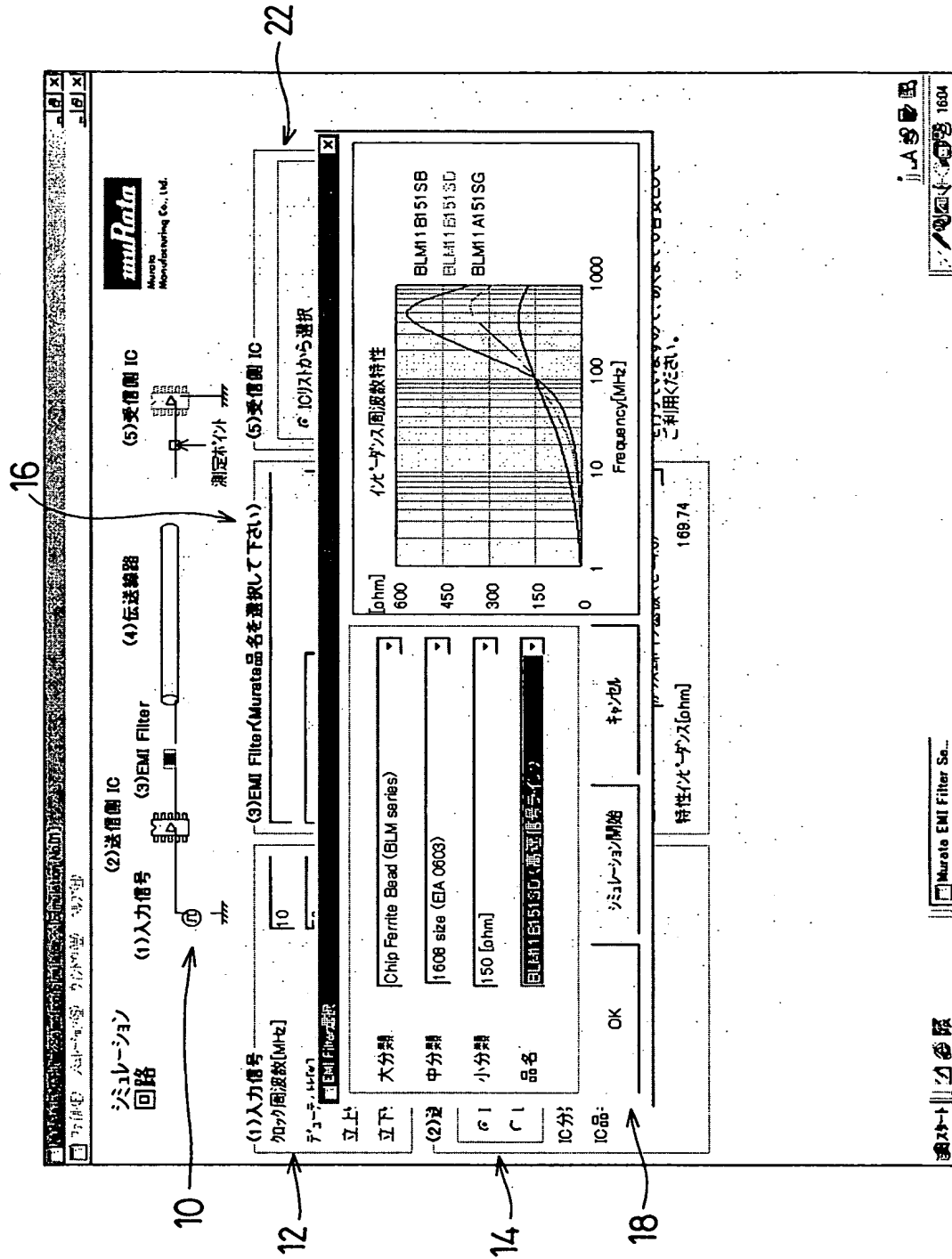
- 1 0 シミュレーション回路
- 1 2 入力信号設定部
- 1 4 送信側 IC 設定部
- 1 6 フィルタ設定部
- 1 8 伝送線路設定部

2 0 受信側 I C 設定部

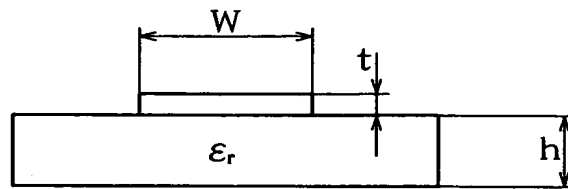
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

16

10

12

14

20

22

Murata EMI Filter Selection Simulator - [Simulation No.01]

ファイル(F) ヘルプ(H) クイック(Q) 実行(E)

シミュレーション回路

(1)入力信号

クック周波数[MHz] 10

デューティ比[%] 50

立ち上がり時間[nsec] 2

立ち下り時間[nsec] 2

(2)送信側 IC

ICリストから選択

IC LORでICの出力条件を入力

IC分類 CMOS

IC品名 74LVC04

(3)EMI Filter

EM11B151SD (高速信号ライン)

リストから選択

リセット

(4)伝送線路

形状で設定

特性インピーダンスを入力

伝送線路を考慮しない

線路幅[mm] 0.1

基板厚み[mm] 1.6

線路長[mm] 100

基板材料 ガラスエポキシ基板 (ε=4.6)

特性インピーダンス[ohm] 189.74

(5)受信側 IC

ICリストから選択

IC LORでICの入力条件を入力

IC分類 CMOS

IC品名 74LVC04

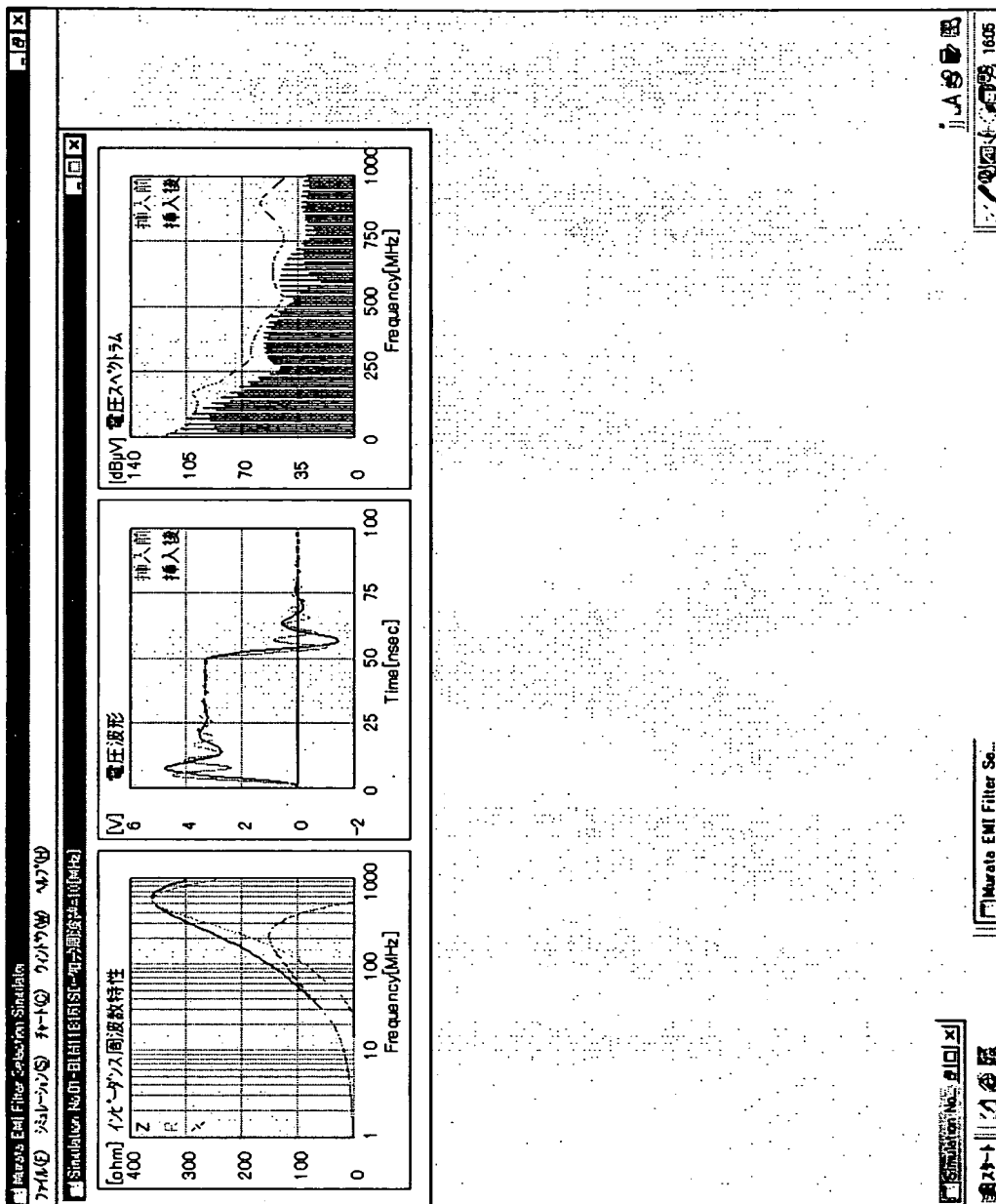
シミュレーション開始

注意
当シミュレーションソフトは、簡易的な方法で計算を行っていますので、あくまでも目安としてご利用ください。

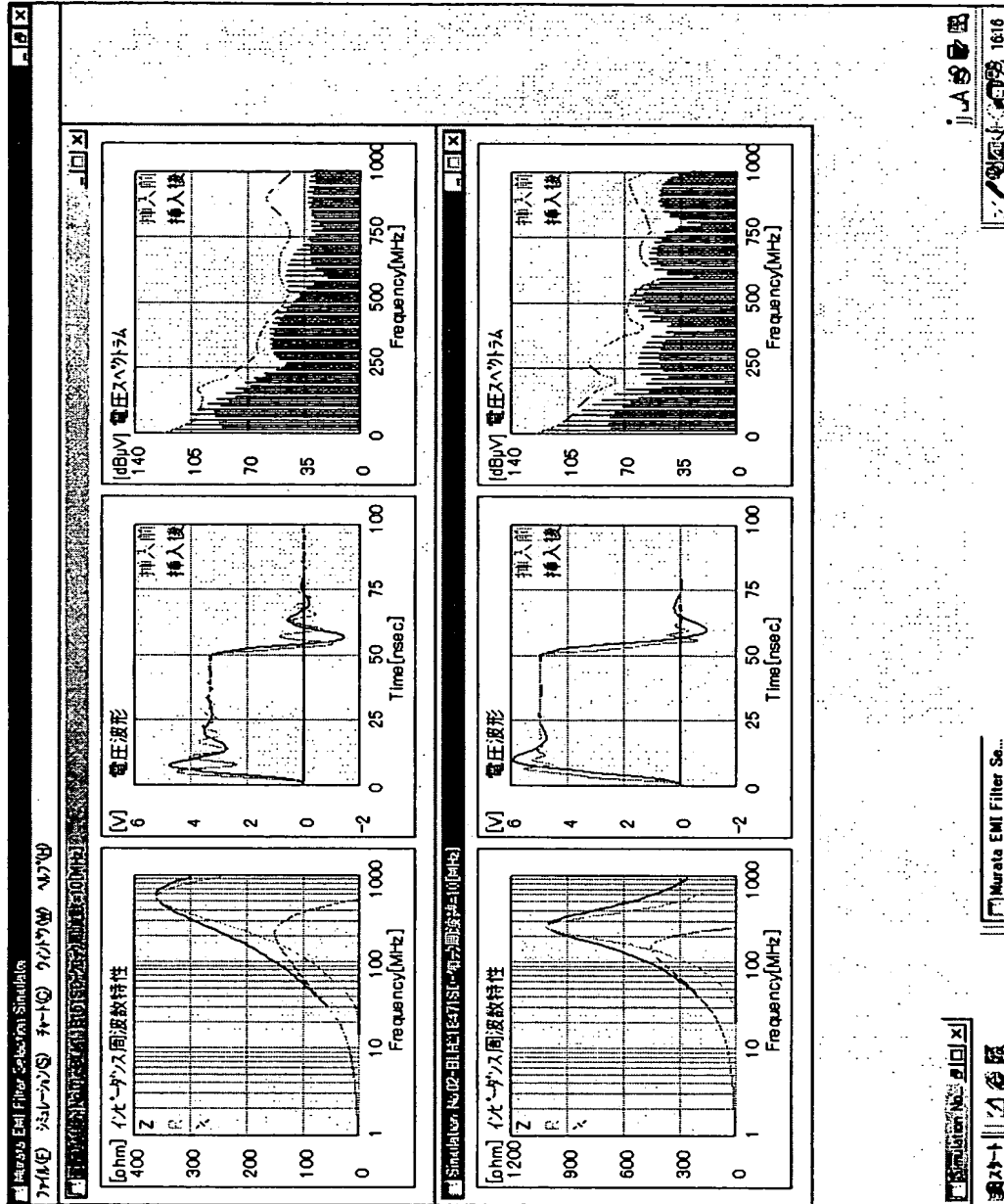
Murata EMI Filter Se...

1604

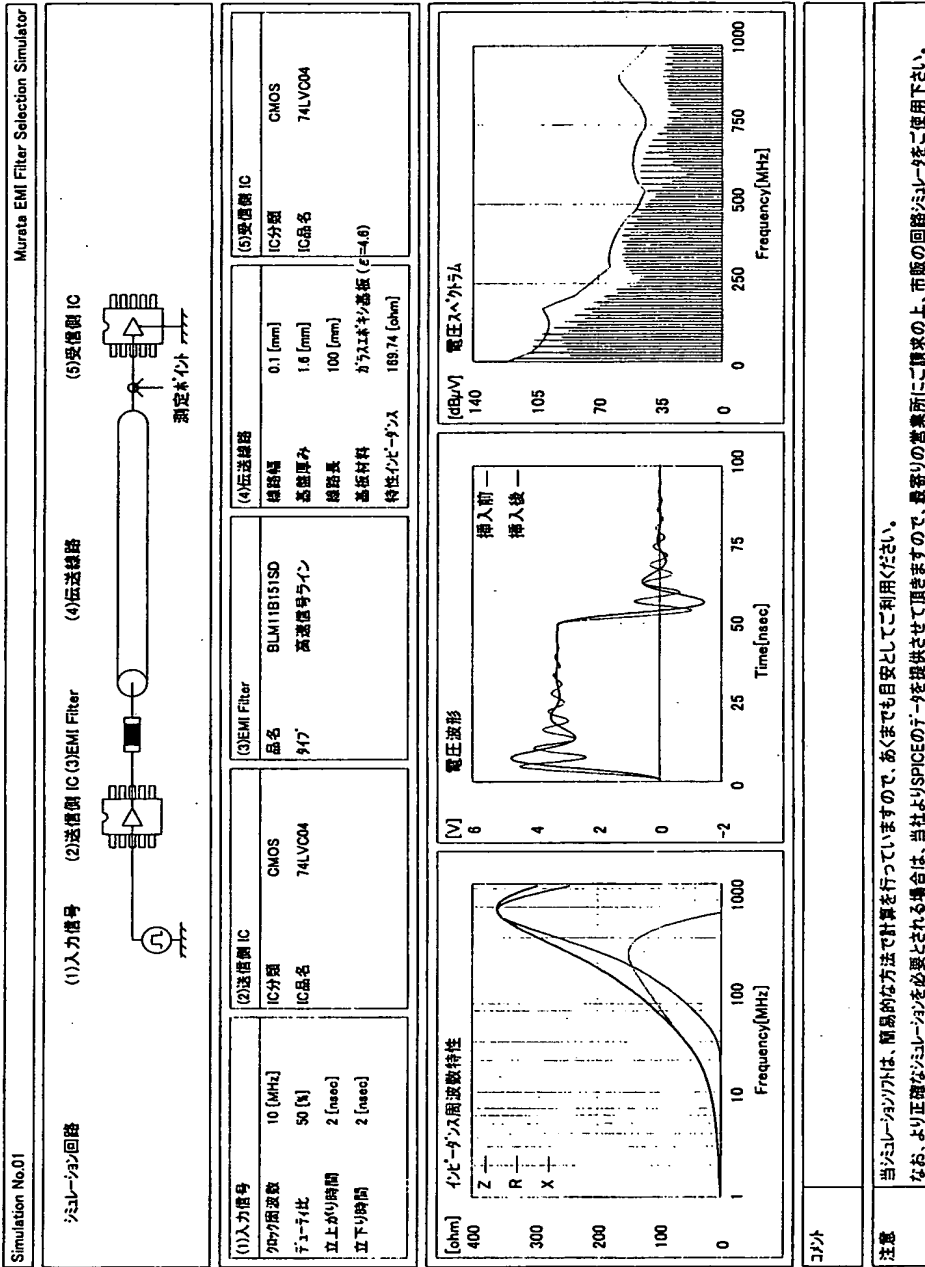
【图 6】



【図7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低機能のパーソナルコンピュータを用いて、安価なソフトウェアにより、短時間で計算することができる、デジタル回路のノイズ解析方法を得る。

【解決手段】 プログラムを起動した画面上において、入力信号設定部 1 2、送信側 I C 設定部 1 4、フィルタ設定部 1 6、伝送線路設定部 2 0、受信側 I C 設定部 2 2 などの設定を行うことにより、シミュレーション回路 1 0 の伝達関数を求める。入力信号をフーリエ展開し、伝達関数とフーリエ展開した入力信号とから、周波数軸における出力波形を計算する。この出力波形を逆フーリエ展開することにより、時間軸における出力波形を得る。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000006231]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号

氏 名 株式会社村田製作所